

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 6 月 30 日 (30.06.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/059442 A1

(51) 国際特許分類⁷: F23R 3/34

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/016120

(22) 国際出願日: 2003 年 12 月 16 日 (16.12.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒100-8280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 百々 聡 (DODO, Satoshi) [JP/JP]; 〒319-1221 茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株式会社日立製作所 電力・電機開発研究所内 Ibaraki (JP). 中野 晋 (NAKANO, Susumu) [JP/JP]; 〒319-1221 茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株式会社日立製作所 電力・電機開発研究所内 Ibaraki (JP).

立市 大みか町七丁目 2 番 1 号 株式会社日立製作所 電力・電機開発研究所内 Ibaraki (JP). 坪内 邦良 (TSUBOUCHI, Kuniyoshi) [JP/JP]; 〒319-1221 茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株式会社日立製作所 電力・電機開発研究所内 Ibaraki (JP). 吉田 正平 (YOSHIDA, Shohei) [JP/JP]; 〒319-1221 茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株式会社日立製作所 電力・電機開発研究所内 Ibaraki (JP). 平田 義隆 (HIRATA, Yoshitaka) [JP/JP]; 〒319-1221 茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株式会社日立製作所 電力・電機開発研究所内 Ibaraki (JP).

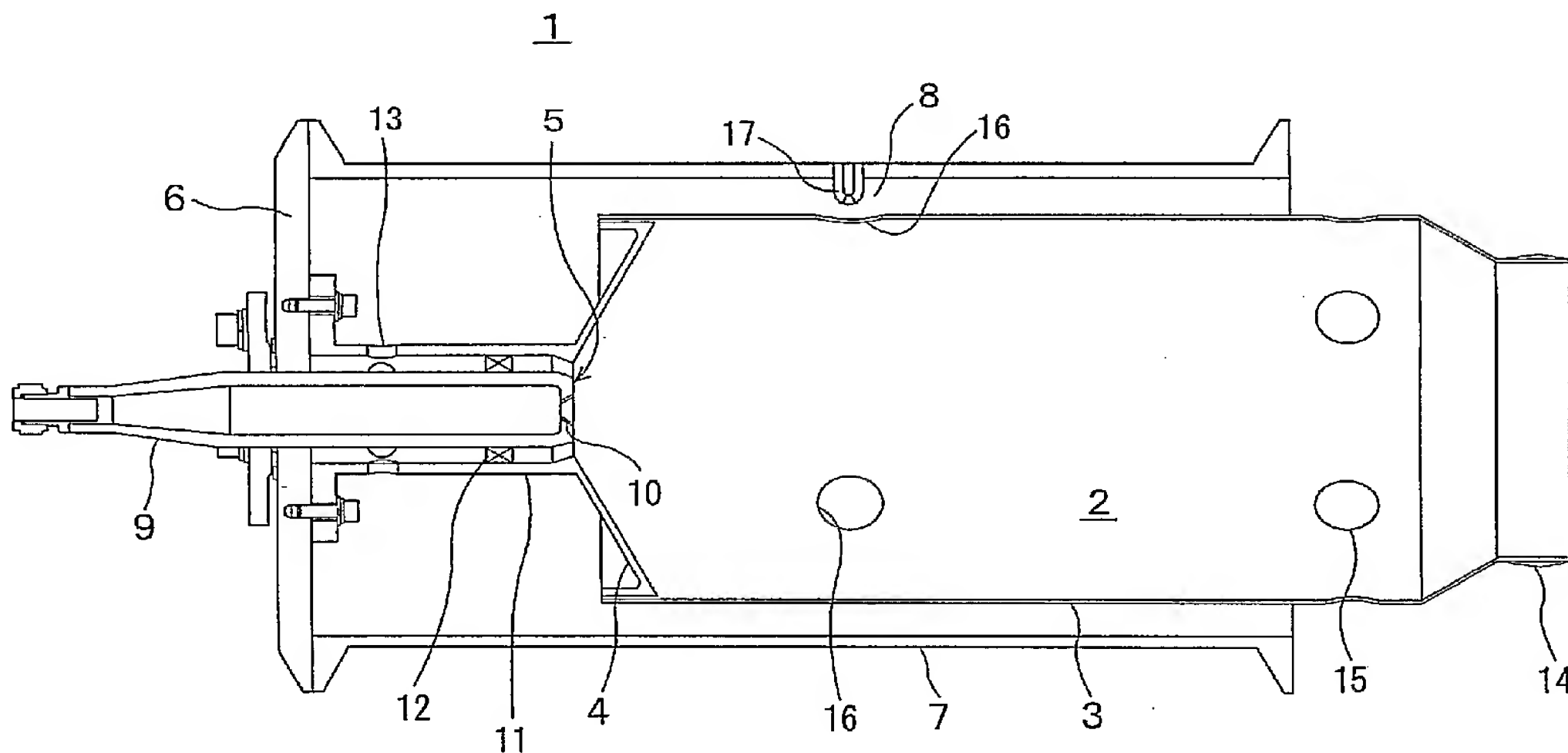
(74) 代理人: 小川 勝男 (OGAWA, Katsuo); 〒104-0033 東京都中央区新川一丁目 3 番 3 号 第 17 荒井ビル 8 階 日東国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

[続葉有]

(54) Title: COMBUSTOR FOR GAS TURBINE

(54) 発明の名称: ガスタービン用燃焼器



(57) Abstract: A combustor for a gas turbine capable of performing stable combustion even by using high temperature air, comprising a first burner (5) jetting fuel and air into a combustion chamber (2) and a second burner (8) causing the circulating jet of the fuel and air installed at a position corresponding to the tip part of a flame caused by the first burner (5).

(57) 要約: 本発明は、高い温度の空気を用いても安定な燃焼を行わせることができるガスタービン用燃焼器を提供することにある。本発明は、燃料と空気を燃焼室 2 内に噴出する第 1 のバーナ 5 と、この第 1 のバーナ 5 による火炎の先端部に対応した位置に、燃料と空気の循環噴流を生じさせる第 2 のバーナ 8 とを設けたのである。

WO 2005/059442 A1



TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

ガスタービン用燃焼器

5 技術分野

本発明は、ガスタービン用燃焼器に係り、特に、燃焼器入口の空気温度が高い場合に好適なガスタービン用燃焼器に関する。

背景技術

- 10 従来、燃焼器入口の空気温度が高くても安定した燃焼を可能としたガスタービン用燃焼器は、例えば特開 2 0 0 2 - 2 5 7 3 4 4 号公報に開示されているように、既に提案されている。

- 上記従来技術にガスタービン用燃焼器によれば、燃焼を緩慢に行わせることができ、その結果、高い温度の空気を用いても安定な燃焼を行
15 わせることができる。

- しかしながら、上記従来技術によるガスタービン用燃焼器は、パイロットバーナによる燃料と空気の噴出方向と緩慢燃焼用バーナによる燃料と空気の噴出方向とがほぼ平行であるので、パイロットバーナの燃焼ガスと緩慢燃焼用バーナの混合気とが平行に流れて混合が遅くなり、その
20 の結果、安定な燃焼を行わせることは困難であった。

本発明の目的は、高い温度の空気を用いても安定な燃焼を行わせることができるガスタービン用燃焼器を提供することにある。

発明の開示

- 25 本発明は上記目的を達成するために、燃料と空気を燃焼室内に噴出する第 1 のバーナと、この第 1 のバーナによる火炎の先端部に対応した位

置に、燃料と空気の循環噴流を生じさせる第2のバーナとを設けたのである。

以上説明したように本発明によれば、第2のバーナを、第1のバーナによる火炎の先端部に対応した位置に設けることにより、第2のバーナによる燃料と空気の混合気が第1のバーナによる燃焼ガスと広い接触面積で接触し、噴流衝突に起因する強い乱れによって混合するようになる。その結果、燃焼器入口側の空気温度が高くても燃焼器内に高温領域を局所的に発生させることのない緩慢な燃焼を行うことができ、逆火や自発火を発生させることなく安定した燃焼を行うことができるのである。

10

図面の簡単な説明

第1図は、本発明によるガスタービン用燃焼器の第1の実施の形態を示す縦断側面図である。

第2図は、図1に示すガスタービン用燃焼器の一酸化炭素濃度と燃焼ガス温度の反応計算による変化を示す線図である。

15

第3図は、図1に示すガスタービン用燃焼器の第2次燃焼領域での当量比と混合平均温度との関係を示す線図である。

第4図は、図1に示すガスタービン用燃焼器の第2次燃焼領域での第2燃料ノズルからの燃料の到達距離と噴射角との関係を示す線図である。

第5図は、本発明によるガスタービン用燃焼器の第2の実施の形態を示す縦断側面図である。

20

第6図は、図5に示すガスタービン用燃焼器の一酸化炭素濃度と燃焼ガス温度の反応計算による変化を示す線図である。

第7図は、本発明によるガスタービン用燃焼器の第3の実施の形態を示す縦断側面図である。

25

発明を実施するための最良の形態

以下本発明によるガスタービン用燃焼器の第 1 の実施の形態を、図 1 に示す逆流缶型再生式ガスタービン用燃焼器に基づいて説明する。本実施の形態は、燃焼器入口の空気温度が 6 5 9℃、燃焼器出口断面の平均
5 ガス温度が 9 8 0℃、都市ガス「1 3 A」を燃料とする仕様の燃焼器で、比較的小容量の発電を行い、負荷運転範囲の狭い再生式ガスタービン発電設備に好適なガスタービン用燃焼器である。そして、本実施の形態における燃焼器出口断面での燃焼ガス平均流速、燃焼器総括での当量比及び空気と燃料の配分を表 1 に示す。

10

〔表 1〕

NO.	項目	単位	数値
1	出口平均流速	m / s	2 8 . 0
2	燃焼器総括当量比	—	0 . 1 3 5
3	燃焼器入口空気温度	℃	6 5 9
4	燃焼器ライナー開口面積率	%	2 1
5	第 1 次空気比率	%	8
6	第 2 次空気比率	%	2 5
7	冷却空気比率	%	3 0
8	希釈空気比率	%	3 7
9	第 1 次燃料比率	%	2 4
1 0	第 2 次燃料比率	%	7 6
1 1	パイロットバーナ当量比	—	0 . 3 9 2
1 2	第 2 次バーナ当量比	—	0 . 4 1 0
1 3	パイロットバーナ燃焼ガス温度	℃	1 1 5 2
1 4	第 2 次バーナ燃焼ガス温度	℃	1 4 6 6
1 5	第 2 次バーナ混合平均温度	℃	8 6 6

15

本実施の形態による燃焼器 1 は、燃焼室 2 を形成する断面円形をなす筒状の燃焼器ライナー 3 と、この燃焼器ライナー 3 の上流側を塞ぐライナーキャップ 4 と、このライナーキャップ 4 の中心に形成したパイロットバーナからなる第 1 のバーナ 5 と、この第 1 のバーナ 5 の上流側に設けたエンドカバー 6 と、このエンドカバー 6 に一端側が固定され他端側

が前記燃焼器ライナー 3 の外周部側に隙間を介して延在する外筒 7 と、前記燃焼器ライナー 3 の周壁を貫通して形成された複数の第 2 のバーナ 8 とを有している。

前記第 1 のバーナ 5 は、燃焼器 1 の着火から起動・暖機運転及び例えば 80% までの部分負荷運転を負担するものである。この第 1 のバーナ 5 は、前記燃焼器ライナー 3 と同心的に形成され、その中央部には下流端が前記ライナーキャップ 4 の中央に位置し上流端が前記エンドカバー 6 の中心部を貫通して延在する第 1 燃料ノズル 9 を有している。この第 1 燃料ノズル 9 の下流端には、第 1 燃料噴出孔 10 が設けられ、第 1 燃料ノズル 9 の外周には、この第 1 燃料ノズル 9 と同心の空気導入筒 11 が隙間をもって形成され、この隙間に旋回翼 12 が設けられている。この空気導入筒 11 の下流側はライナーキャップ 4 から燃焼ライナー 3 内に開口し、上流側はエンドカバー 6 で塞がれている。そして、この空気導入筒 11 のエンドカバー 6 側寄りに第 1 空気導入孔 13 が設けられている。

前記燃焼器ライナー 3 は、下流側が弾性シール部材 14 を介して図示しないトランジションピースに連結されている。そして、この燃焼器ライナー 3 の下流には、出口側のガス温度分布を平滑化するために昇温された空気を導入するための希釈孔 15 が例えば周方向 6 箇所に設けられている。この外、実際には、燃焼器ライナー 3 に位置を固定するストッパや、信頼性を確保するためのフィルム冷却スロットが設けられているが、煩雑になるので図示は省略した。

前記複数の第 2 のバーナ 8 は、前記燃焼器ライナー 3 の周壁に設けた第 2 空気導入孔 16 と、この第 2 空気導入孔 16 に夫々対向する前記外筒 7 の周壁を貫通するように設けた第 2 燃料ノズル 17 とから構成されている。これら第 2 のバーナ 8 は、第 1 のバーナ 5 寄りに位置し、例え

ば周方向 3 箇所には設けられている。

上記構成の燃焼器 1 において、燃焼用空気は、図示しない圧縮機によって圧縮され、さらに図示しない再生熱交換器によって昇温された状態で、図中右側の燃焼器ライナー 3 と外筒 7 との隙間から図中左方向に案内される。この案内された燃焼用空気の一部は前記希釈孔 15 及び前記第 2 空気導入孔 16 を通過して燃焼器ライナー 3 内の燃焼室 2 に導入され、残りは前記第 1 空気導入孔 13 から空気導入筒 11 に入り旋回翼 12 で旋回力を付与された後、ライナーキャップ 4 から燃焼室 2 内に噴出される。燃焼室 2 内に入って燃焼に寄与した後の燃焼ガスは、トランジションピースへ流出する。尚、前記第 1 空気導入孔 13 から空気導入筒 11 に入り旋回翼 12 で旋回力を付与された高温高压の空気は、燃焼室 2 内に入って急速に膨脹するために、第 1 燃料ノズル 9 の下流側に循環流領域を形成する。

さらに、燃料は、第 1 燃料ノズル 9 及び第 2 燃料ノズル 17 から燃焼室 2 内に噴射され、第 1 燃料ノズル 9 からの燃料は先に噴射された空気の循環流領域に対して噴射される。この第 1 燃料ノズル 9 からの燃料を含め、燃焼室 2 内に噴射された燃料は先の燃焼用空気と混合されて希薄混合気となって燃焼される。燃料は燃焼室外で空気と混合することはないので、自発火や逆火は発生しない。

ところで、パイロットバーナ 5 は、燃焼器全体の燃焼安定性を左右する上、着火起動から 80% 部分負荷までを担う広範囲で使用されるため、本実施の形態においては、拡散燃焼方式のバーナとしている。特に、窒素酸化物（以下 NO_x と称する）の排出量を低く抑制しなければならない場合には、第 1 燃料ノズル 9 の第 1 燃料噴出孔 10 を小口径で多孔化することが有効である。さらに、低 NO_x となる燃焼性能が要求される場合には、第 1 燃料噴出孔 10 を第 1 燃料ノズル 9 の先端だけでなく、

空気導入筒 11 の出口近傍にも設けて燃料／空気の混合を促進することが有効である。ただし、第 1 燃料噴出孔 10 を全て空気導入筒 11 の出口近傍に設けると、着火性能及び耐吹き消え性能を損なうので、空気導入筒 11 の出口近傍に設ける第 1 燃料噴出孔 10 の数は、全体の半数程度に限定すべきである。

一方、第 2 空気導入孔 16 から燃焼室 2 内に噴出する空気には、同位置に設置した第 2 燃料ノズル 17 から放射状に燃料が噴射される。ただし、第 2 燃料ノズル 17 から噴射された直後の燃料は、第 2 空気導入孔 16 から噴射される空気の流速が大きく、また周囲の燃焼ガスとの剪断が強いため、燃焼反応が始まってもすぐに火炎が吹き消えてしまう。その結果、第 2 燃料ノズル 17 の近傍では火炎が保持せず、そのため、第 2 燃料ノズル 17 に近い燃焼器ライナー 3 の壁面には局所的な高温領域が現れないので信頼性確保の観点から有利である。また、周方向の 3 箇所の第 2 空気導入孔 16 から噴出した空気は、パイロットバーナ 5 からの燃焼ガス燃焼器ライナー 3 の中心部近傍で互いに衝突して淀み領域を形成し、第 2 空気導入孔 16 の上流側と下流側とに夫々循環流領域を形成する。これら循環流領域内では、空気の流速は低下しており、十分に伝播火炎が維持できる条件となるため、第 2 燃料ノズル 17 から噴出された燃料は循環流内にて燃焼反応を開始する。この際、反応を開始する時点では燃料／空気は当量比 0.41 と云う希薄混合気となっているため、混合気への熱の拡散に依存した緩慢な酸化反応に律速される反応形態をとり、局所高温部を生じない低 NO_x 燃焼を実現できる。このとき、第 2 空気導入孔 16 と第 2 燃料ノズル 17 との設置位置を、パイロットバーナ 5 による火炎の先端部近傍に対向させることにより、第 2 空気導入孔 16 から導入された空気と第 2 燃料ノズル 17 から噴射された燃料の混合気体が、第 2 空気導入孔 16 から導入された空気噴流が衝突によ

って淀むことで生じる大きな乱れを利用し、パイロットバーナ5による火炎の燃焼ガスに対して広い接触面積をもって接触混合するので、速やかな混合効果を奏することができる。

次に、上述した希薄混合気の緩慢燃焼反応について化学反応シミュレーションを行った結果を、図2について説明する。図2において、横軸は第2空気導入孔から希釈孔15までの距離を燃焼器ライナー3の全長で規格化したものであり、図1に示す燃焼器1では、希釈孔15の位置が0.668にある。図2において下方の曲線は燃焼器内の燃焼ガス流通方向に沿う燃焼ガス温度の変化を示し、上方の曲線は燃焼ガス流通方向に沿う一酸化炭素濃度を反応の指標として示す。

第2のバーナ8からの燃料と空気により形成された当量比0.41の希薄混合気は、燃焼器ライナー3の径方向中心部近傍の淀み領域でパイロットバーナ5からの1152℃の燃焼ガスと混合し、混合平均温度866℃の希薄混合気となる。この希薄混合気は、上述のように、緩慢に燃料が酸化されて一酸化炭素を発生しながら徐々に発熱して温度上昇して行き、一酸化炭素濃度が極大値に達した後に急速に熱発生が行われて一酸化炭素濃度が低下する。この間に必要な滞留時間は、図1に示す燃焼器1の混合気平均温度が866℃の場合で、約30ms程度であり、未燃排出物抑制のために、35msを確保できるように、希釈孔15の位置を第2空気導入孔16の下流に置いている。

図3は、第2空気導入孔16から希釈孔15までの領域（第2次燃焼領域）の滞留時間を35msとしたときに、第2のバーナ8からの燃料と空気で定義される当量比と、第2のバーナ8からの燃料及び空気とパイロットバーナ5からの燃焼ガスの混合平均温度について、99%以上の高燃焼効率が得られる条件を示す。図3に示す近似直線の右上側の条件、即ち、混合平均温度 T_{mix} と当量費 ϕ について $\phi \geq 0.0010345$

6 $7 + T_{mix} + 1.27181$ であれば高燃焼効率が確保されるが、あまり混合平均温度を高くしたり当量比を大きくすると、反応が急速に進行して窒素酸化物の排出量が増加する。また、滞留時間を長く取れば、
図 3 に示す上記条件より希薄な当量比でも高燃焼効率が得られるが、燃
5 焼器 1 の長さの増大を招くことになる。

本実施の形態による燃焼器 1 においては、第 2 燃料ノズル 17 から供給される燃料が噴射直後から拡散燃焼を行わないように、第 2 空気導入孔 16 からの空気の噴出流速を 50 m/s 以上となるように確保することが低 NO_x 燃焼性能を実現するために重要である。また、第 2 空気導入
10 孔 16 からの空気の噴流が、パイロットバーナ 5 による燃焼ガス（火炎）の先端部で、燃焼器ライナー 3 の径方向中心部まで至り、そこで互いに衝突して淀み領域を形成し、その上流側及び下流側に循環流領域を形成することも燃焼安定性を確保する点から重要である。

第 2 空気導入孔 16 からの空気を燃焼器ライナー 3 の径方向中心部まで噴出させるためには、燃焼器ライナー 3 の断面で定義する平均空気流速に対する第 2 空気導入孔 16 からの空気の流速の比を 3 倍程度以上に設計することが適当であり、燃焼器ライナー 3 の表面積に対する開口部面積の比率を 20 ～ 30 %、燃焼器 1 の全圧損失係数を 40 ～ 50 に設計することが望ましい。

図 1 に示す実施の形態では、開口面積率が 21.04 %、全圧損失係数が 44.6 であり、第 2 空気導入孔 16 からの空気の噴出流速は 69.2 m/s である。ただし、開口面積率や全圧損失係数の選定には、燃焼器 1 に許容され得る圧力損失の制限との兼ね合いがあるため、一概に最適値を決定することはできない。第 2 空気導入孔 16 からの空気の噴出
25 流速としては、予熱による高温化と乱流による燃焼速度の増加を考慮すると、50 ～ 70 m/s が適当である。

第2燃料ノズル17から放射状に噴射される燃料は、上述のように、噴射流速が大きいために、すぐには燃焼せず、燃焼器ライナー3の径方向中心部近傍の淀み領域まで到達する間に第2空気導入孔16からの空気と混合して混合気となる。このとき、燃焼の噴射角度が過小であると、
5 燃料は一箇所に集中して空気と混合されない。その結果、燃焼器ライナー3の径方向中心部近傍の空気の淀み領域付近の循環流領域内に至ってから拡散混合して燃焼すると云う拡散燃焼となるので、局所高温部を発生し、高濃度の NO_x を排出することになる。そのため、本実施の形態においては、第2燃料ノズル17の噴射角度を適正に選択することが低
10 NO_x 燃焼性能を実現するために重要である。

そこで、第2燃料ノズル17の噴射角度について、第2空気導入孔16からの空気噴流中での燃料到達距離を検討した結果を図4に示す。横軸は、第2空気導入孔16からの空気噴流軸に沿った燃料移動距離を燃焼器ライナー3の半径で規格化した値であり、縦軸は、第2燃料ノズル
15 17からの燃料の到達距離を第2空気導入孔16の半径で規格化した値である。

本実施の形態による燃焼器1では、第2空気導入孔16からの空気噴流軸に沿って燃焼器ライナー3の径方向中心部まで進行したときに、燃料が第2空気導入孔16からの空気噴流の外縁に到達するように、第2
20 燃料ノズル17の噴射角を 35° に選定している。

一般に、再生式ガスタービンは、燃焼器の入口空気温度が高いが、燃焼器の出口（ガスタービンの入口）の燃焼ガス温度は比較的低く、燃焼器での温度上昇が小さくなるため、燃焼器総括での当量比が小さく火炎の吹き消えに対して厳しい仕様となる。本実施の形態に示す燃焼器を適
25 用する再生式ガスタービンは、特に、再生効率が高く、燃焼器入口の空気温度が高いにもかかわらず、燃焼器出口の燃焼ガス温度は一般の産業

- 用ガスタービンに比べて極めて低いため、空気が過剰で吹き消えが生じやすい。このため、燃焼器出口での断面平均燃焼ガス流速を通常のガスタービンよりも低い 28 m/s としている。本実施の形態による燃焼器を実用するに際し、吹き消えを防止し、燃焼効率を確保する観点から、
- 5 燃焼器出口断面の平均燃焼ガス流速を $20 \sim 50 \text{ m/s}$ とし、通常の燃焼器出口の燃焼ガス流速 $40 \sim 70 \text{ m/s}$ に比べて遅く設計することが望ましい。

次に、本発明によるガスタービン用燃焼器の第2の実施の形態を、図5に示す逆流缶型再生式ガスタービン用燃焼器に基づいて説明する。

- 10 本実施の形態による燃焼器1を適用する再生式ガスタービンは、燃焼器1の入口の空気温度が 654°C 、出口断面における平均燃焼ガス温度が 960°C 、都市ガス「13A」を燃料とする仕様の燃焼器である。また、本実施の形態における燃焼器出口断面での燃焼ガス平均流速、燃焼器総括での当量比及び空気と燃料の配分を表2に示す。そして、第1の
- 15 実施の形態による燃焼器よりもやや大型ながら、比較的小容量の発電を行うのに適した再生式ガスタービンの燃焼器である。

〔表2〕

NO.	項目	単位	数値
1	出入口平均流速	m/s	28.0
2	燃焼器総括当量比	—	0.133
3	燃焼器入口空気温度	$^\circ\text{C}$	654
4	燃焼器ライナー開口面積率	%	20
5	第1次空気比率	%	4
6	第2次空気比率	%	9
7	第3次空気比率	%	19
8	冷却空気比率	%	30
9	希釈空気比率	%	39
10	第1次燃料比率	%	13
11	第2次燃料比率	%	29
12	第3次燃料比率	%	58
13	パイロットバーナ当量比	—	0.448
14	第2次バーナ当量比	—	0.452

1 5	第 3 次バーナ当量比	—	0 . 4 0 2
1 6	パイロットバーナ燃焼ガス温度	℃	1 5 1 5
1 7	第 2 次バーナ燃焼ガス温度	℃	1 4 0 1
1 8	第 3 次バーナ燃焼ガス温度	℃	1 5 7 5
1 9	第 2 次バーナ混合平均温度	℃	9 3 1
1 2	第 3 次バーナ混合平均温度	℃	9 6 1

本実施の形態と第 1 の実施の形態と異なる部分は、低 NO_x 燃焼による運転範囲を、60% 負荷から定格負荷までの広範囲とするために、第 1 のバーナ 5 と第 2 のバーナ 8 の外に、前記第 2 のバーナ 8 の下流側に
5 前記第 2 のバーナ 8 と同構成の第 3 のバーナ 1 9 を設けた点である。したがって、図 1 と同符号は同一物を示すので、再度の説明は省略する。

図 5 に示す燃焼器 1 も図 1 の燃焼器と同じように、大きく分けて、燃焼室 2 を形成する断面円形をなす筒状の燃焼器ライナー 3 と、この燃焼器ライナー 3 の上流側を塞ぐライナーキャップ 4 と、このライナーキャ
10 ップ 4 の中心に形成したパイロットバーナからなる第 1 のバーナ 5 と、この第 1 のバーナ 5 の上流側に設けたエンドカバー 6 と、このエンドカバー 6 に一端側が固定され他端側が前記燃焼器ライナー 3 の外周部側に隙間を介して延在する外筒 7 と、前記燃焼器ライナー 3 の周壁を貫通して形成された複数の第 2 のバーナ 8 とを有し、さらに第 2 のバーナ 8 の
15 下流側に前記燃焼器ライナー 3 の周壁を貫通して形成された複数の第 3 のバーナを有している。

前記第 1 のバーナ 5 は、着火から起動・暖機及び 60% 部分負荷運転を担い、第 1 燃料ノズル 9 の周囲で空気導入筒 1 1 との間に旋回翼 1 2 を有する旋回通路を設け、この旋回通路に通じる第 1 空気導入孔 1 3 を
20 空気導入筒 1 1 に 2 列で周方向 6 箇所設けている。ライナーキャップ 4 には、第 1 のバーナ 5 からの熱を遮蔽するために、旋回翼 4 W を有する遮熱用空気スロット 4 S が設けられている。

前記燃焼器ライナー 3 には、希釈孔 15, トランジッションピースに対するスプリングシール 14 及び第 2 のバーナ 8 のための第 2 空気導入孔 16 が設けられているほか、第 2 空気導入孔 16 より下流側に第 3 のバーナ 19 用の第 3 空気導入孔 20 が形成されている。そして第 2 空気
5 導入孔 16 と第 3 空気導入孔 20 には、導入された空気が燃焼器ライナー 3 の径方向中心部に到達できるように、案内筒 21 が燃焼室 2 内に突設されており、またこれら案内筒 21 が燃焼ガスによって焼損することがないように、その上流側と下流側の近傍に保護空気孔 22 を設けている。

10 前記複数の第 2 のバーナ 8 は、前記燃焼器ライナー 3 の周壁に設けた周方向 6 箇所の第 2 空気導入孔 16 に夫々対向する前記外筒 7 の周壁を貫通するように設けた第 2 燃料ノズル 17 とから構成されている。前記第 3 のバーナ 19 は、前記第 2 のバーナ 8 と同様に、前記燃焼器ライナー 3 の周壁に設けた周方向 6 箇所の第 3 空気導入孔 20 に夫々対向する
15 前記外筒 7 の周壁を貫通するように設けた第 3 燃料ノズル 23 とから構成されている。

上記構成の燃焼器 1 において、燃焼用空気は、図示しない圧縮機によって圧縮され、さらに図示しない再生熱交換器によって昇温された状態で、図中右側の燃焼器ライナー 3 と外筒 7 との隙間から図中左方向に案内される。この案内された燃焼用空気の一部は、周方向 6 箇所に設けた希釈孔 15, 周方向 6 箇所に設けた第 3 空気導入孔 20 及び周方向 6 箇所に設けた第 2 空気導入孔 16 から燃焼室 2 内に導入され、さらに周方向 6 箇所に 2 列に設けた第 1 空気導入孔 13 から空気導入筒 11 を経由して燃焼室 2 内に導入され、トランジッションピースへ流出する。
20

25 一方、燃料は第 1 燃料ノズル 9, 第 2 燃料ノズル 17 及び第 3 燃料ノズル 23 から燃焼室 2 内に噴射される。全ての燃料は、直接燃焼室 2 内

に噴射されており、燃焼室 2 外で空気と混合する予混合気のような構成部品が存在しないので、原理的には自発火あるいは逆火と云った事故が生じない点で第 1 の実施の形態と同じである。

5 本実施の形態に示す第 1 のバーナ 5 では、第 1 燃料ノズル 9 の噴射孔を小口径・多孔化し、噴射孔の半数を空気導入筒 11 の出口近傍に設けて燃料と空気の混合を促進した構成としている。

本実施の形態の燃焼器 1 における希薄混合気の緩慢な燃焼反応について、化学反応シミュレーションを行った結果を図 6 に示す。図 6 において、横軸は第 2 空気導入孔 16 から希釈孔 15 までの距離を燃焼器ライナー 3 の全長で規格化したものであり、図 5 に示す燃焼器 1 では、希釈孔 15 の位置が 0.60 の位置にある。図 6 の下方の曲線は、燃焼器内の燃焼ガス流通方向に沿う燃焼ガス温度の変化を示し、上方の曲線は燃焼ガス流通方向に沿う一酸化炭素濃度を反応の指標として示す。

15 希薄混合気の緩慢な燃焼反応の進行は、図 2 に示す第 1 の実施の形態と同じであるが、本実施の形態では混合平均温度を第 2 のバーナ 8 について 931℃、第 3 のバーナ 19 について 961℃と、第 1 の実施の形態よりも高く設計しているため、必要な滞留時間が短く、反応の進行が早い。左記の表 2 に示す通り、第 3 のバーナ 19 の当量比のほうが第 2 のバーナ 8 よりも低いにもかかわらず反応が早く進行するのは、第 3 の
20 バーナ 19 に関して第 1 のバーナ 5 と第 2 のバーナ 8 との双方の燃料の発熱が寄与して混合平均温度が高くなるためである。

上述のように、第 1 のバーナ 5 による火炎の下流側に交差するように燃料と空気を噴出させるバーナを、第 2 のバーナ 8 及び第 3 のバーナ 19 のように、多段化することにより、ここの段についての混合流量を減少させることができるので、各段のバーナにおける混合平均温度を高く
25 することができる。その上、燃焼ガスの下流側では、上流側の発熱を利

用できるので、より高い混合平均温度が実現でき、一層希薄な混合器を燃焼させることが可能になる。尚、この際、各段におけるバーナ 8, 19 の空気導入孔 16, 20 の周方向の配置は、燃焼器出口燃焼ガス温度の偏差を小さく抑制するために、千鳥状に配置することが望ましい。

- 5 本発明による第 3 の実施の形態を図 7 に基づいて説明する。図 7 に示す燃焼器 1 も、図 1 及び図 5 に示す燃焼器と同様に、逆流缶型燃焼器である。本実施の形態による燃焼器 1 は、先の二つの実施の形態に比べて極めて小規模な発電を行う再生式ガスタービン用燃焼器であり、燃焼器入口の空気温度は 470℃、燃焼器出口の断面平均燃焼ガス温度が 860℃で、灯油を燃料とする仕様の燃焼器である。

- 10 本実施の形態においては、燃料が液体燃料の灯油であるため、コーキング防止のために第 1 燃料ノズル 24 の周囲に空気を流すようにフローガイド 25 を設けた点や、第 1 燃料ノズル 24 や第 2 燃料ノズル 26 を液体燃料に合った構造にした点が異なる以外、第 1 の実施の形態による
15 燃焼器 1 の構造や燃料及び空気の流通はほとんど同じである。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明によるガスタービン用燃焼器は、燃焼器入口の空気温度が高いガスタービン用燃焼器に用いるのに適している。

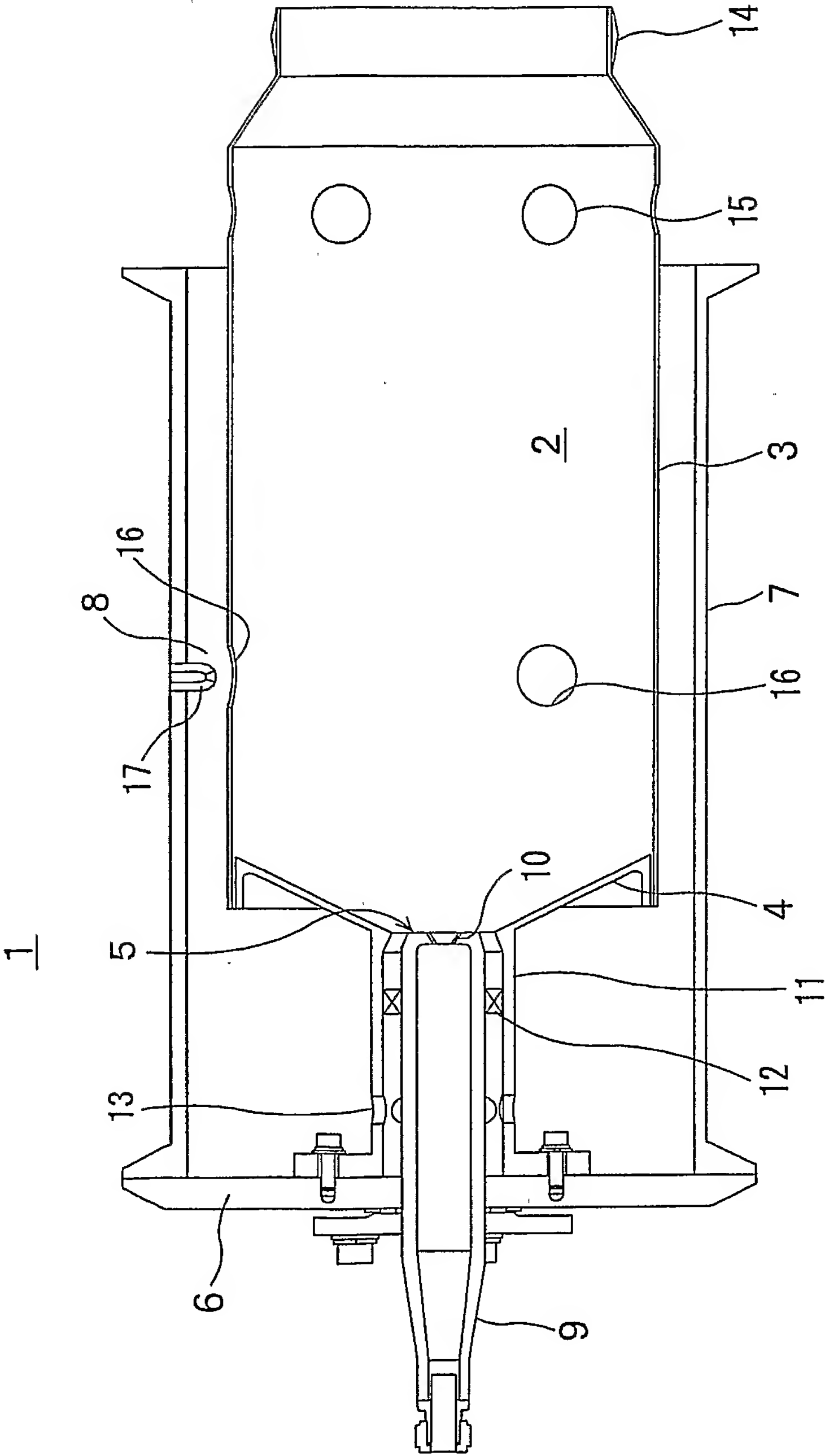
請 求 の 範 囲

1. 燃料と空気を燃焼室内に噴出する第1のバーナと、この第1のバーナによる火炎の先端部に対応した位置に、燃料と空気の循環噴流を生じさせる第2のバーナとを設けたことを特徴とするガスタービン用燃焼器。
5
2. 燃料と空気を燃焼室内に噴出する第1のバーナと、この第1のバーナによる火炎の下流側に交差するように燃料と空気を噴出させる第2のバーナとを設けたことを特徴とするガスタービン用燃焼器。
3. 燃料と空気を燃焼室内に噴出する第1のバーナと、この第1のバーナによる火炎の流通方向に対して交差するように燃料と空気を案内する第2のバーナを設けたことを特徴とするガスタービン用燃焼器。
10
4. 前記第2のバーナは、前記燃焼室を形成する周壁を貫通して設けられていることを特徴とする請求項1, 2又は3記載のガスタービン用燃焼器。
5. 前記第2のバーナは複数のバーナから構成され、これら複数のバーナは、燃料と空気が前記燃焼室の中心部近傍で衝突するように配置されていることを特徴とする請求項1, 2又は3記載のガスタービン用燃焼器。
15
6. 前記第2のバーナは、前記燃焼室の中心部近傍で、燃料が空気の噴出流の外側に位置するような燃料噴射ノズルを備えていることを特徴とする請求項1, 2又は3記載のガスタービン用燃焼器。
20
7. 前記第2のバーナは、前記燃焼室を形成する周壁に、燃料と空気を燃焼室中心部に案内する案内筒を設けており、この案内筒は前記燃焼室内に突出していることを特徴とする請求項1, 2又は3記載のガスタービン用燃焼器。
25
8. 燃料と空気を燃焼室内に噴出する第1のバーナと、この第1のバー

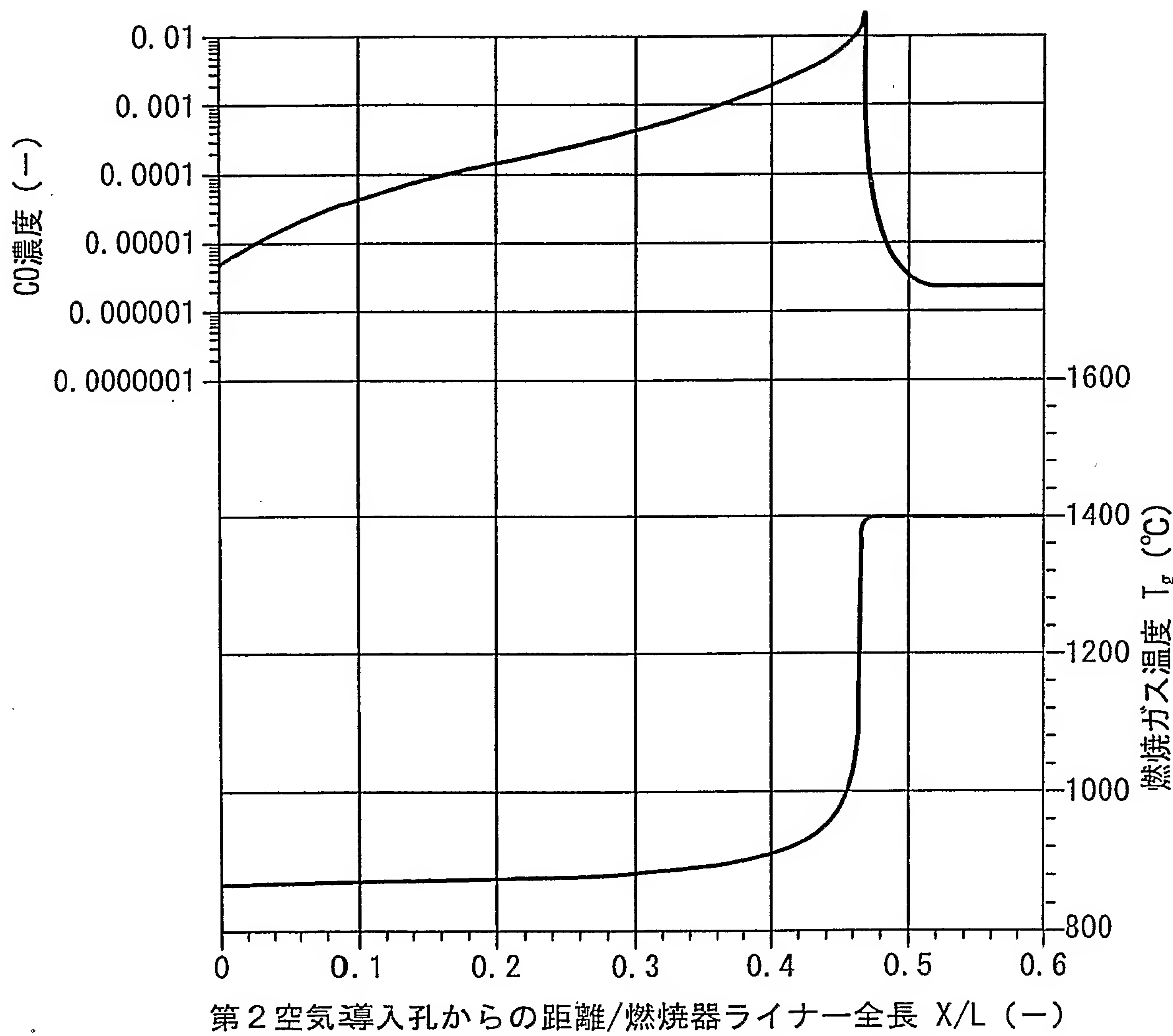
ナによる火炎の先端部に対応した位置に、燃料と空気の循環噴流を生じさせる第2のバーナとを設け、かつ、前記燃焼室内の反応領域の終端部近傍に、混合気の循環噴流を生じさせる第3のバーナを設けたことを特徴とするガスタービン用燃焼器。

- 5 9. 燃焼安定性を確保するパイロットバーナを燃焼室の上流側に設けると共に、前記パイロットバーナによる火炎の先端部に希薄混合気の循環噴流を生じさせる希薄混合気案内手段を設けたことを特徴とするガスタービン用燃焼器。

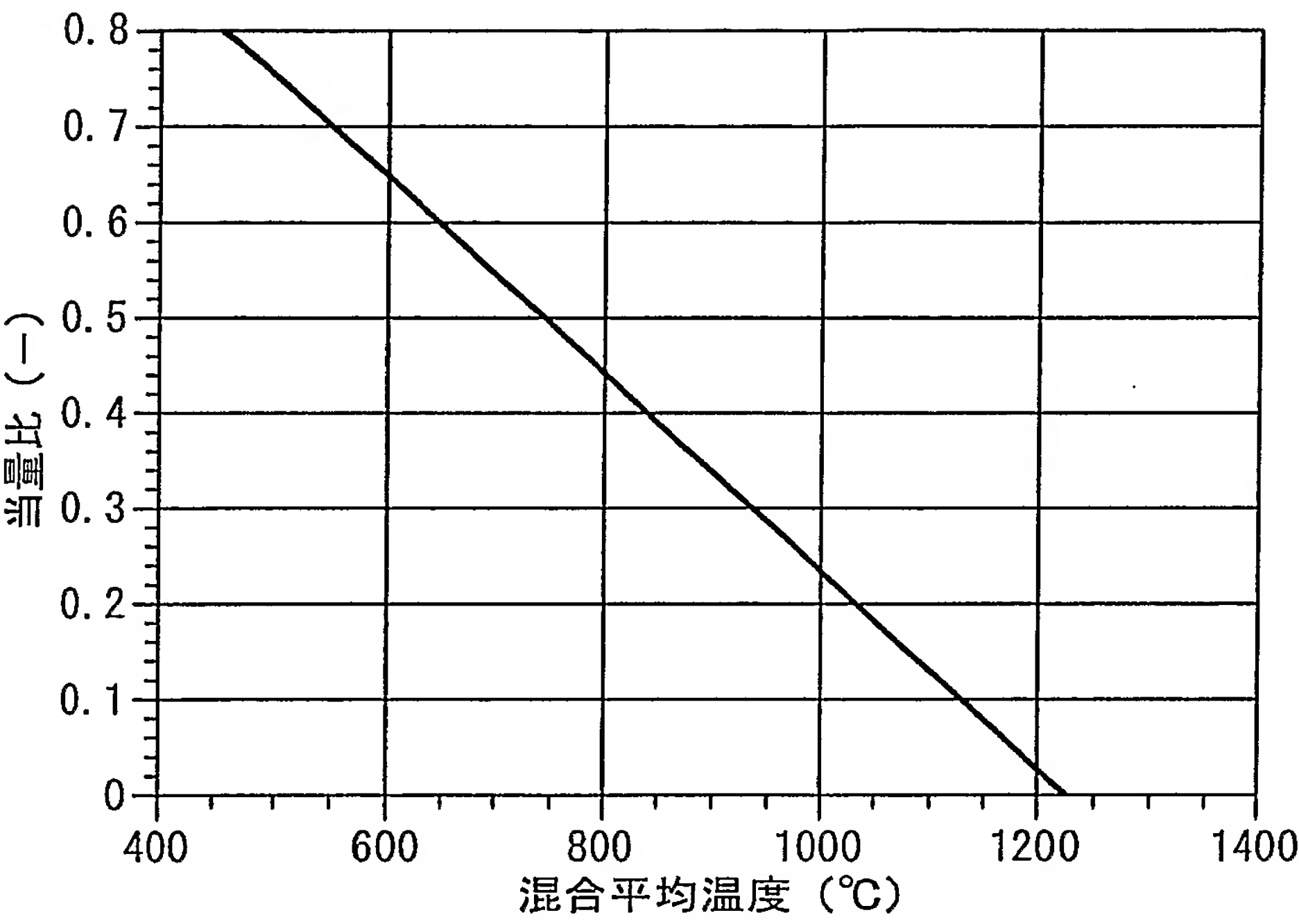
第1図



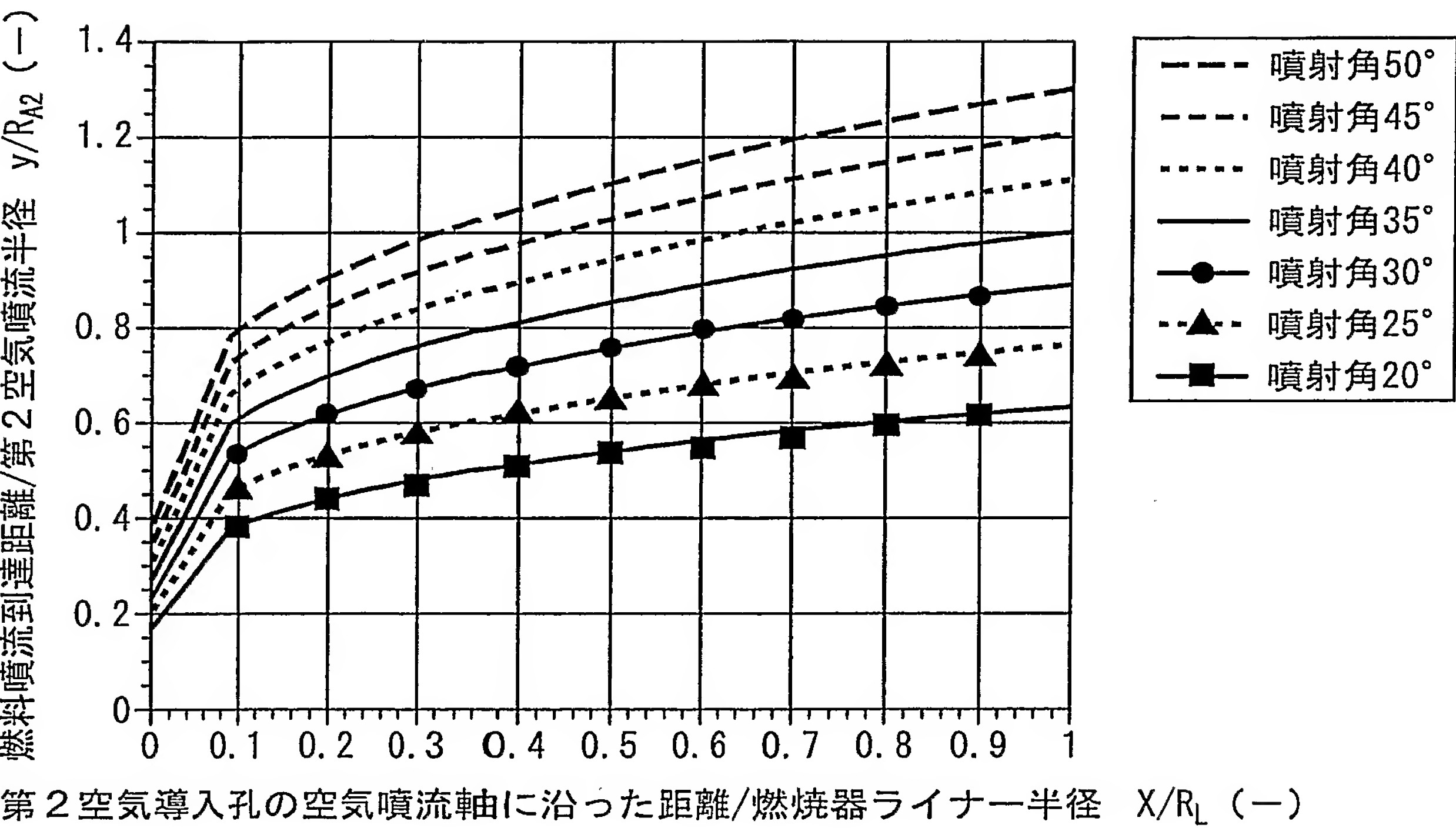
第 2 図



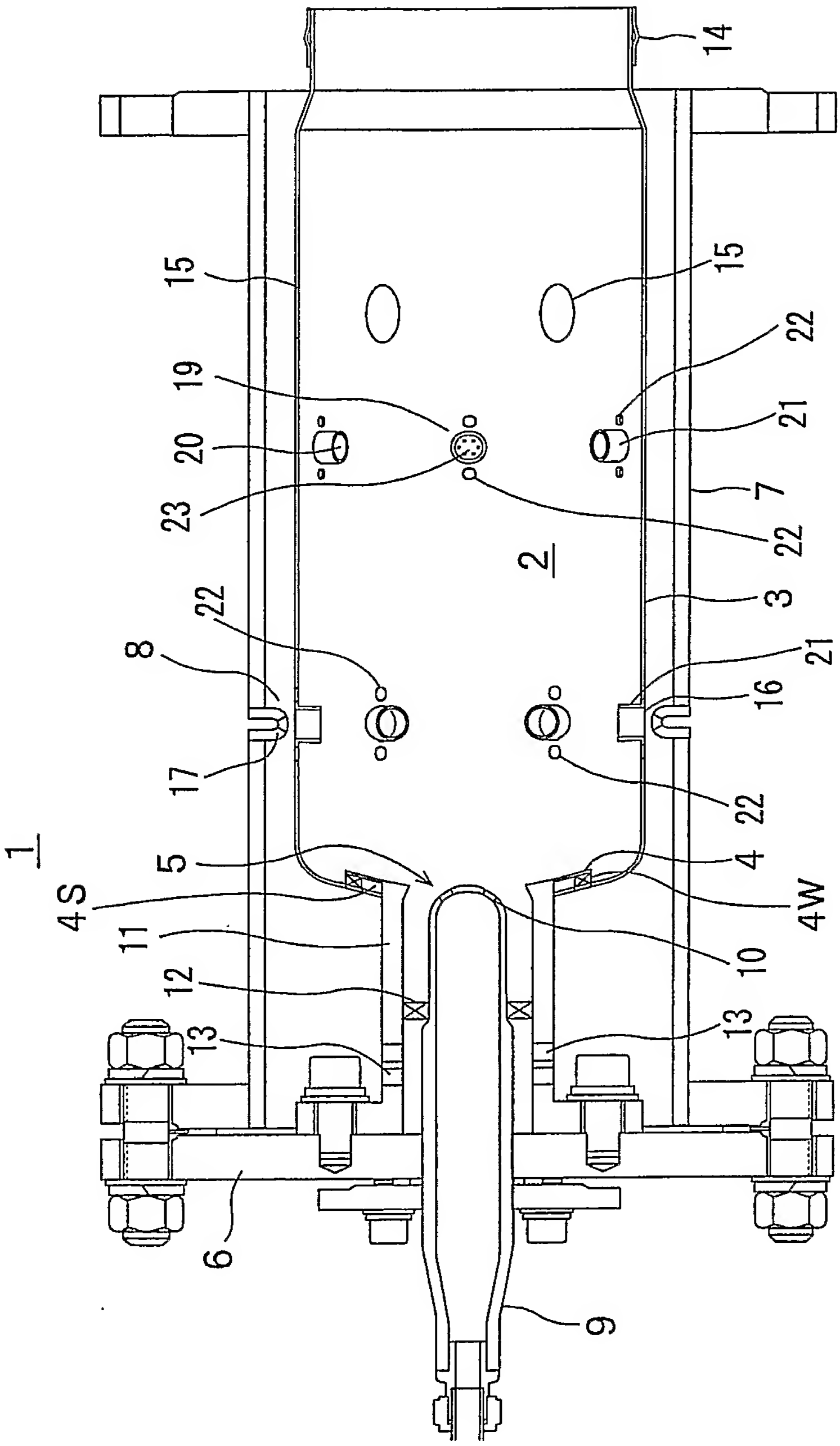
第 3 図



第 4 図

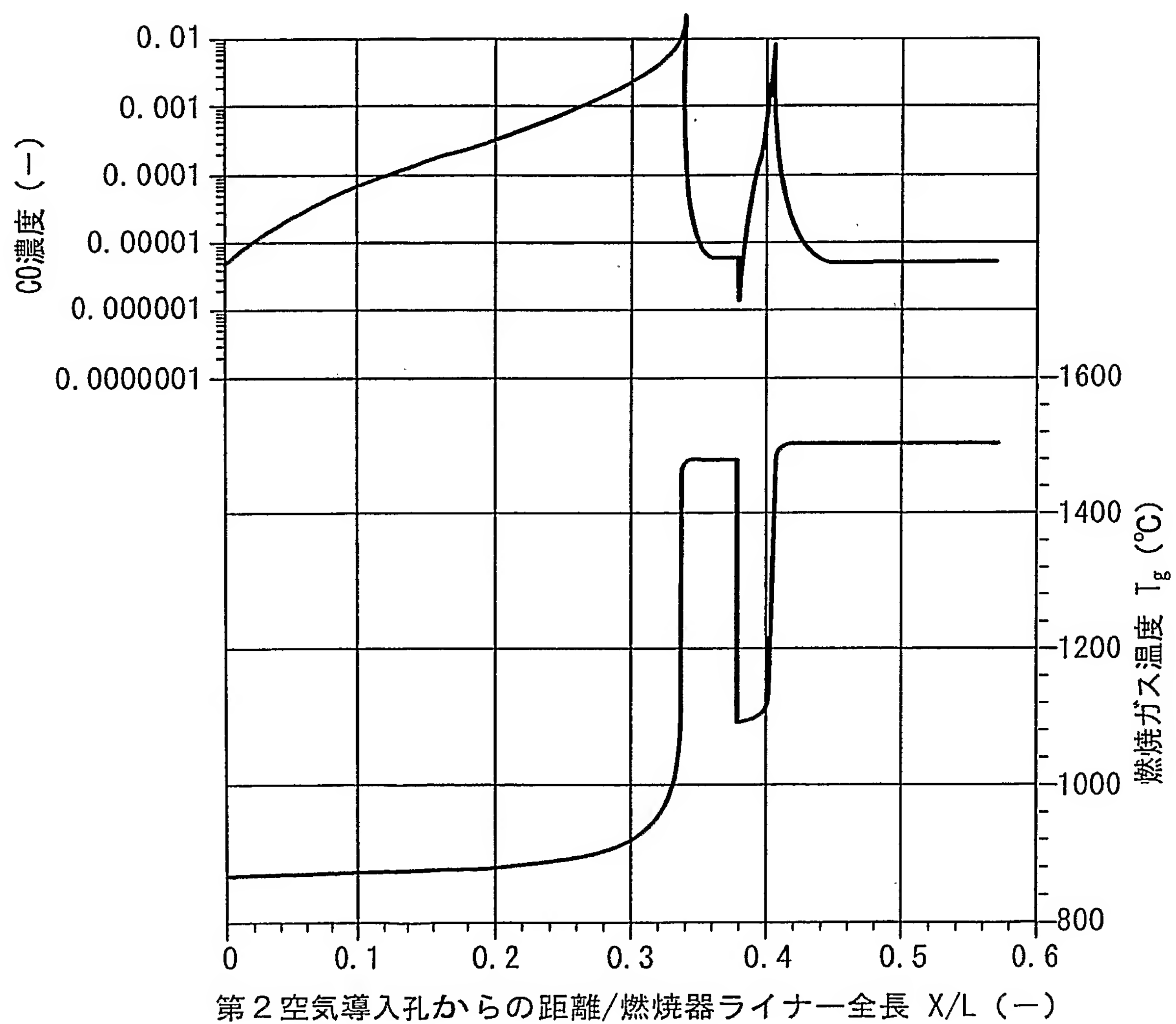


第5図

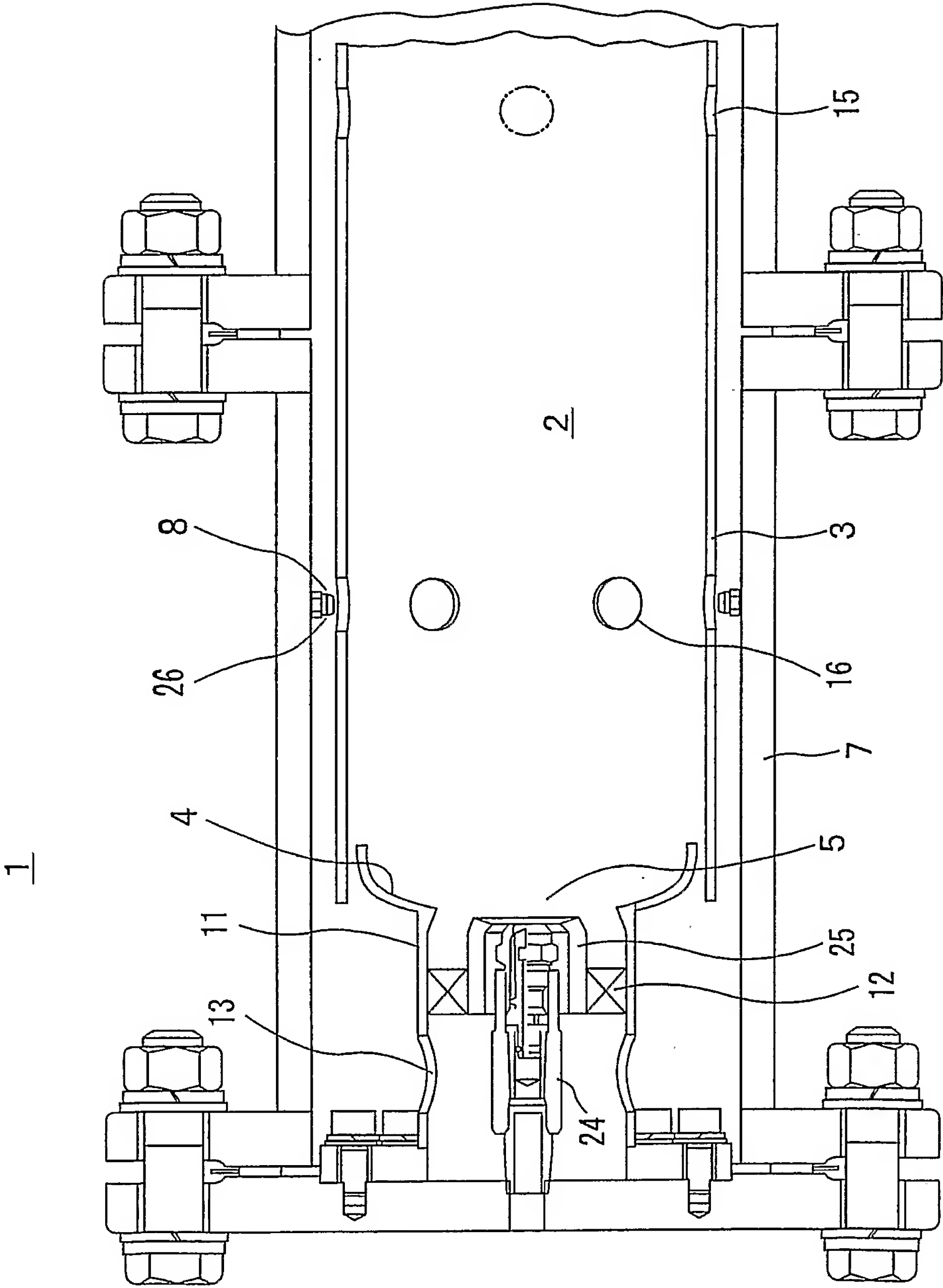


6/7

第 6 図



第7図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/16120

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F23R3/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ F23R3/34

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 57-41524 A (Hitachi, Ltd.), 08 March, 1982 (08.03.82), Full text (Family: none)	1-9
Y	JP 7-19482 A (Toshiba Corp.), 20 January, 1995 (20.01.95), Full text (Family: none)	1-9
Y	JP 2-309123 A (Toshiba Corp.), 20 December, 1990 (20.12.90), Full text (Family: none)	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search
13 February, 2004 (13.02.04)

Date of mailing of the international search report
24 February, 2004 (24.02.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16120

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-199626 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 18 July, 2000 (18.07.00), Full text (Family: none)	1-9
Y	JP 53-143816 A (S.A. Deitovugida), 14 December, 1978 (14.12.78), Full text (Family: none)	1-9
Y	JP 7-233945 A (Toshiba Corp.), 05 September, 1995 (05.09.95), Full text (Family: none)	1-9
Y	JP 3-207917 A (Hitachi, Ltd.), 11 September, 1991 (11.09.91), Full text (Family: none)	1-9
Y	JP 5-172331 A (Toshiba Corp.), 09 July, 1993 (09.07.93), Full text (Family: none)	1-9
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 56785/1983 (Laid-open No. 163762/1984) (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 02 November, 1984 (02.11.84), Full text (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl⁷ F 23 R 3 / 34

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl⁷ F 23 R 3 / 34

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 57-41524 A (株式会社日立製作所) 1982.03.08, 全文 (ファミリーなし)	1-9
Y	J P 7-19482 A (株式会社東芝) 1995.01.20, 全文 (ファミリーなし)	1-9
Y	J P 2-309123 A (株式会社東芝) 1990.12.20, 全文 (ファミリーなし)	1-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13.02.2004

国際調査報告の発送日

24.2.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

植村 貴昭

3T

3019

電話番号 03-3581-1101 内線 3355

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2000-199626 A (川崎重工業株式会社) 2000.07.18, 全文 (ファミリーなし)	1-9
Y	J P 53-143816 A (ソシエテ・アノニム・デイトヴギダ) 1978.12.14, 全文 (ファミリーなし)	1-9
Y	J P 7-233945 A (株式会社東芝) 1995.09.05, 全文 (ファミリーなし)	1-9
Y	J P 3-207917 A (株式会社日立製作所) 1991.09.11, 全文 (ファミリーなし)	1-9
Y	J P 5-172331 A (株式会社東芝) 1993.07.09, 全文 (ファミリーなし)	1-9
Y	日本国実用新案登録出願58-56785号 (日本国実用新案登録 出願公開59-163762号) の願書に添付した明細書及び図面 の内容を撮影したマイクロフィルム (三菱重工業株式会社), 19 84.11.02, 全文 (ファミリーなし)	1-9